

PENERAPAN METODE FUZZY MAMDANI UNTUK PEMETAAN STUNTING DI KABUPATEN ENDE

Andreas Curtis Hopper Fua^{1*}, Yampi R Kaesmetan²,

¹ Prodi Teknik Informatika Strata 1, STIKOM Uyelindo Kupang, Indonesia
fuaandreas5@gmail.com

² Prodi Teknik Informatika Strata 1, STIKOM Uyelindo Kupang, Indonesia
kaesmetanyampi@gmail.com

Korespondensi penulis: fuaandreas5@gmail.com

Abstract. Stunting is a chronic growth disorder in children that impacts health, economic productivity, and quality of life. Ende Regency, located in East Nusa Tenggara Province, has recorded a high prevalence of stunting, with cases increasing by 8.2% in 2024. This research involves collecting secondary data and applying the Fuzzy Mamdani method through the stages of fuzzification, fuzzy rule formation, fuzzy inference, and defuzzification. The mapping results are expected to provide a comprehensive overview of stunting distribution and its determinants, serving as a basis for policymakers to design targeted interventions. This study also contributes to the advancement of science and technology (IPTEKS) through the application of the Fuzzy Mamdani method in health mapping and aims to raise public awareness to support stunting prevention efforts. The research aims to apply the Fuzzy Mamdani method in mapping stunting in Ende Regency, identify areas with the highest stunting prevalence, and determine the main factors influencing its distribution, enabling communities to increase awareness and participation in stunting prevention efforts based on accurate information.

Keywords: Fuzzy, Mamdani, Stunting, Mapping, Intervention.

Abstrak. Stunting merupakan gangguan pertumbuhan kronis pada anak yang berdampak pada kesehatan, produktivitas ekonomi, dan kualitas hidup. Kabupaten Ende, Provinsi Nusa Tenggara Timur, mencatat prevalensi stunting yang tinggi, dengan peningkatan kasus mencapai 8,2% pada 2024. penelitian melibatkan pengumpulan data sekunder, penerapan metode Fuzzy Mamdani melalui tahapan fuzzifikasi, pembentukan aturan fuzzy, inferensi fuzzy, dan defuzzifikasi. Hasil pemetaan diharapkan memberikan gambaran yang komprehensif tentang distribusi stunting dan determinannya, sehingga dapat menjadi dasar bagi pengambil kebijakan untuk merancang intervensi yang tepat sasaran. Penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan IPTEKS melalui aplikasi metode Fuzzy Mamdani dalam pemetaan kesehatan serta meningkatkan kesadaran masyarakat untuk mendukung upaya pencegahan stunting. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Fuzzy Mamdani dalam pemetaan stunting di Kabupaten Ende, mengidentifikasi daerah dengan prevalensi stunting tertinggi, serta faktor-faktor utama yang memengaruhi distribusinya, Agar Masyarakat dapat meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam upaya pencegahan stunting berdasarkan informasi yang akurat.

Kata kunci: Fuzzy, Mamdani, Stunting, Pemetaan, Intervensi.

1. LATAR BELAKANG

Stunting merupakan gangguan pertumbuhan akibat kekurangan gizi kronis selama 1000 Hari Pertama Kehidupan, yang menyebabkan peningkatan risiko penyakit dan menurunkan

produktivitas ekonomi (Yuana et al., 2021). Menurut (Sari et al., 2023) stunting adalah kondisi tubuh kerdil akibat kekurangan gizi kronis yang dimulai sejak kehamilan hingga usia dua tahun, dipengaruhi oleh nutrisi yang buruk, pengasuhan, infeksi, dan rendahnya akses ASI eksklusif. Menurut (Rambe, 2020), stunting adalah kondisi balita pendek akibat kekurangan gizi kronis. Penyebabnya meliputi kurangnya ASI eksklusif, status gizi ibu yang buruk selama kehamilan, serta tingkat pendidikan ibu yang rendah, sementara BBLR (berat badan lahir rendah) tidak berhubungan langsung dengan stunting. Menurut (Simbolon et al., 2022) Tingginya prevalensi stunting di berbagai daerah menjadi bukti bahwa asupan gizi dan akses terhadap layanan kesehatan di tingkat keluarga masih belum optimal.

Salah satu kabupaten di Nusa Tenggara Timur adalah Kabupaten Ende, juga memiliki prevalensi stunting yang masih tinggi, dengan jumlah kasus yang mengalami peningkatan pada Februari 2024, mencapai 8,2% atau sebanyak 1.448 kasus, naik dari angka 6,8% atau 1.241 kasus pada tahun 2023 (Dinas Kesehatan Kabupaten Ende, 2024). Kabupaten Ende mencatat penurunan jumlah balita dengan kategori sangat pendek dari 331 anak pada tahun 2022 menjadi 272 anak pada tahun 2023, serta penurunan persentase stunting total dari 9% menjadi 7%. Meskipun terdapat wilayah yang menunjukkan perbaikan, peningkatan kasus stunting di Ende pada 2024 (Dinas Kesehatan Kabupaten Ende, 2024).

Untuk mengatasi permasalahan stunting secara efektif, diperlukan pemetaan yang akurat untuk mengidentifikasi wilayah-wilayah prioritas dan faktor-faktor risiko yang spesifik. Menurut (Rumfot et al., 2024) metode *fuzzy* dikenal suatu konsep sistem *fuzzy* yang digunakan dalam proses prediksi pada umumnya terdiri atas empat tahap, yaitu fuzzifikasi, Dimana terdapat proses pengubahan bilangan tegas kedalam bentuk bilangan *fuzzy*, pembentukan basis aturan *fuzzy*, sistem inferensi atau penalaran *fuzzy*, *defuzzifikasi* proses pengubahan bilangan *fuzzy* hasil dari sistem inferensi *fuzzy* ke dalam bilangan tegas. *Fuzzy Mamdani* cocok untuk penalaran linguistik dan pengambilan keputusan yang membutuhkan interpretasi linguistik (Sihombing, 2024).

2. KAJIAN TEORITIS

Pemetaan merupakan proses menampilkan atau memvisualisasikan wilayah geografis dengan mengolah, menyimpan, dan menganalisis data spasial permukaan bumi (Arifin & Supriyatna, 2023).

Stunting didefinisikan sebagai gangguan pertumbuhan (baik perkembangan tubuh maupun otak) pada anak yang disebabkan oleh kekurangan gizi berkepanjangan. Anak-anak yang terdampak stunting biasanya memiliki tubuh lebih kecil dibandingkan anak-anak seusianya, serta dapat mengalami keterlambatan perkembangan kognitif. Faktor-faktor yang mempengaruhi stunting meliputi status sosial ekonomi ibu, pola makan, kerentanan terhadap

infeksi, serta status gizi selama 1000 hari pertama kehidupan, yang merupakan periode kritis bagi perkembangan anak (Ananda & Sriani, 2024).

Logika *fuzzy* adalah suatu metode untuk mengatasi ketidakpastian dalam pengambilan keputusan dengan memperluas logika biner konvensional (0 dan 1) menjadi logika yang memungkinkan nilai antara 0 dan 1. Pada logika biner, suatu pernyataan bisa benar atau salah. Namun, dalam logika *fuzzy* suatu pernyataan bisa memiliki derajat keanggotaan yang berbeda-beda. Misalnya, jika dikatakan jumlah produksi “bertambah”, tingkat keanggotaan variabel dalam himpunan "bertambah" bernilai 0.7, artinya jumlah produksi cukup tinggi, tapi tidak sepenuhnya bertambah (Sihombing, 2024). Dalam logika *fuzzy* terdapat 3 jenis *Fuzzy* yaitu *fuzzy* mamdani, *fuzzy* sugeno dan *fuzzy* Tsukamoto. Dalam Penelitian ini penulis menggunakan logika *fuzzy* mamdani

Istilah istilah dalam *fuzzy*

1. *Fuzzyfication*, definisi dari himpunan *fuzzy* dan penentuan derajat keanggotaan dari *crisp input* pada sebuah himpunan *fuzzy*.
2. *Inferensi*, evaluasi kaidah/aturan/*rule fuzzy* untuk menghasilkan output dari setiap *rule*.
3. *Composisi*, agregasi atau kombinasi dari keluaran semua *rule*.
4. *Defuzzification*, perhitungan *crisp output*.

a. Konsep utama dari logika *fuzzy*

1. Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* didefinisikan oleh fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$ yang memetakan elemen x dari himpunan universal X ke dalam nilai keanggotaan antara 0 dan 1. Rumusnya adalah:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\} \dots\dots\dots (1)$$

2. Fungsi Keanggotaan

Beberapa bentuk fungsi keanggotaan yang umum digunakan adalah:

a. *Triangular Membership Function*

Fungsi keanggotaan segitiga

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(b-c)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

b. *Trapezoidal Membership Function*

Fungsi Trapesium

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & x \geq d \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

c. Operator Logika *Fuzzy* (ekstensi dari logika klasik)

1. *NOT* (TIDAK)

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x) \dots\dots\dots (4)$$

2. *AND* (DAN)

$$\mu_{A \wedge B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \dots\dots\dots (5)$$

3. *OR* (ATAU)

$$\mu_{A \vee B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \dots\dots\dots (6)$$

d. Operasi Dasar pada Himpunan *Fuzzy*

1. *Union* (ATAU)

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)) \dots\dots\dots (7)$$

2. *Intersection* (DAN)

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)) \dots\dots\dots (8)$$

3. *Komplemen* (TIDAK)

$$\mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x) \dots\dots\dots (9)$$

e. *Alpha-Cut* (α – cut)

α – cut dari suatu himpunan *fuzzy* adalah himpunan *crisp* yang terdiri dari semua elemen yang derajat keanggotaannya lebih besar atau sama dengan α

$$A_\alpha = \{x \in X | \mu_A(x) \geq \alpha\} \dots\dots\dots (10)$$

Fuzzy mamdani merupakan salah satu metode yang sangat fleksibel dan memiliki toleransi pada data yang ada. *Fuzzy* mamdani memiliki kelebihan yakni, lebih intuitif, diterima oleh banyak pihak. Penggunaan *fuzzy* mamdani ini sama halnya dengan penggunaan metode peramalan pada bidang statistik. Penentuan analisis berdasarkan pendekatan *fuzzy* lebih efisien dalam pendekatan dalam pendekatan menggunakan angka dibanding dengan metode peramalan. Peramalan dalam statistik dapat menghasilkan galat error lebih besar dari pendekatan *fuzzy*. dengan melakukan pendekatan *fuzzy* menghasilkan output yang lebih dekat dengan keadaan yang sebenarnya (Maryam et al., 2021).

Fuzzy mamdani merupakan salah satu metode yang sangat fleksibel dan memiliki toleransi pada data yang ada. *Fuzzy* mamdani memiliki kelebihan yakni, lebih intuitif, diterima oleh banyak pihak. Penggunaan *fuzzy* mamdani ini sama halnya dengan penggunaan metode peramalan pada bidang statistik. Penentuan analisis berdasarkan pendekatan *fuzzy* lebih efisien dalam pendekatan dalam pendekatan menggunakan angka dibanding dengan metode peramalan. Peramalan dalam statistik dapat menghasilkan galat error lebih besar dari pendekatan *fuzzy*. dengan melakukan pendekatan *fuzzy* menghasilkan output yang lebih dekat dengan keadaan yang sebenarnya (Maryam et al., 2021).

Metode *fuzzy* mandani terdiri dari empat tahap utama membentuk himpunan *fuzzy* dari variabel input, menerapkan fungsi implikasi menggunakan operator *MIN* dan *MAX*,

menyusun aturan (*rules*) yang menggabungkan *input* untuk menghasilkan *output*; dan terakhir, melakukan defuzzifikasi untuk mengubah hasil *fuzzy* menjadi nilai numerik nyata yang dapat digunakan dalam pengambilan keputusan. metode ini bermanfaat karena mampu meniru logika manusia dalam sistem kontrol, menjadikannya efektif dalam prediksi dan analisis data (Kartika et al., 2018).

a. Kelebihan metode mamdani

Metode *Fuzzy* Mamdani memiliki kelebihan yakni, lebih intuitif, diterima oleh banyak pihak, bisa diterapkan pada bidang statistik, menghasilkan *output* yang lebih dekat dengan keadaan sebenarnya, sangat fleksibel dan memiliki toleransi pada data yang ada pendekatan lebih efisien menggunakan angka dibanding dengan metode peramalan yang lain (Rafila et al., 2023).

b. Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan merupakan suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan (Mujab, 2018).

i. Representasi Linear

Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat.

Fungsi keanggotaan

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & \geq b \end{cases} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

x = Nilai keanggotaan yang dibahas

a = Nilai anggota terendah

b = Nilai anggota tertinggi

ii. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (*linear*).

Fungsi keanggotaan

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(x-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \dots\dots\dots (12)$$

iii. Representasi Kurva Trapesium

Kurva segitiga pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.

Fungsi keanggotaan

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & x \geq d \end{cases} \dots\dots\dots (13)$$

c. Metode *Min-Max* pada *fuzzy* mamdani

1. Pembentukan himpunan *fuzzy*.

Pada proses *fuzzifikasi* langkah yang pertama adalah menentukan variable *fuzzy* dan himpunan *fuzzinya*. Kemudian tentukan derajat keanggotaan antara data masukan *fuzzy* dengan himpunan *fuzzy* yang telah didefenisikan untuk setiap variabel masukan sistem dari setiap aturan *fuzzy*. Pada metode mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*. Aplikasi fungsi implikasi, pada Metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah *min*.

2. Aplikasi fungsi implikasi pada metode mamdani.

Fungsi implikasi yang digunakan adalah *min*. Hasil implikasi *fuzzy* dari setiap aturan ini kemudian digabungkan untuk menghasilkan keluaran infrensi *fuzzy*. Penegasan (*defuzzy*), defuzzyfikasi pada komposisi aturan mamdani dengan menggunakan metode *centroid*. Dimana pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*.

3. Komposisi Aturan.

Tidak seperti penalaran monoton, apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka infrensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu: *max*, *additive* dan probabilistik OR.

a. Metode *Max* (*Maximum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimal aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengaplikasikannya ke *output* dengan menggunakan operator ATAU (*union*). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan: (Mujab & Saiful 2018)

$$\mu_s[x_i] = \max \mu_{sf}[x_i], \mu_{kf}[x_i] \dots\dots\dots (14)$$

Dengan:

$\mu_s[x_i]$ = nilai keanggotaan Solusi *Fuzzy* sampai aturan ke i

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke i.

b. Metode *Additive* (*Sum*)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy* (Mujab & Saiful 2018). Secara umum dituliskan:

$$\mu_s(x_i) = \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) \dots\dots\dots (15)$$

Dengan:

$\mu_s(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke-i

$\mu_k(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-i

4. Penegasan (*defuzzy*). *Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. beberapa metode defuzzyfikasi pada komposisi aturan Mamdani antara lain (Mujab, 2018)

a. Metode *Centroid*

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy* (Mujab, 2018) Secara umum dirumuskan :

Untuk variabel kontinu

$$Z^* = \frac{\int_b^a z \mu(z) dz}{\int_b^a \mu(z) dz} \dots\dots\dots (16)$$

Untuk variabel diskrit

$$Z^* = \frac{\sum_{i=1}^n z^i (z^i)}{\sum_{i=1}^n (z^i)} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana

z = Nilai output

z^* = Titik pusat daerah *fuzzy* output

(z^i) = Derajat keanggotaan z

b. Metode Bisektor

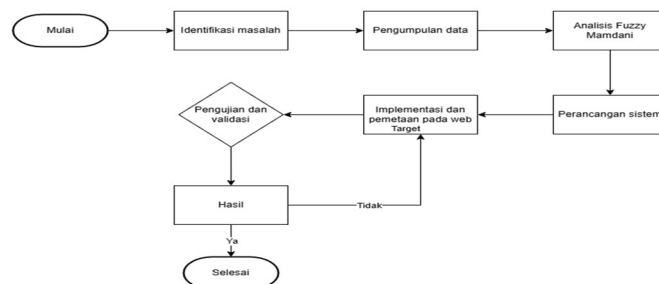
solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan setengah dari jumlah total nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy* (Mujab, 2018)

Secara umum dituliskan

$$z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{R1}^p \mu(z) dz = \int_p^{Rn} \mu(z) dz \quad (18)$$

3. METODE PENELITIAN

1. Prosedur penelitian



Alur penelitian dimulai dengan identifikasi masalah melalui pengumpulan informasi terkait tingginya angka stunting dan perlunya sistem analisis serta pemetaan wilayah terdampak. Selanjutnya, data dikumpulkan dari Dinas Kesehatan Kabupaten Ende, mencakup usia anak, tinggi badan, berat badan, dan data pendukung lainnya. Data tersebut dianalisis menggunakan metode Fuzzy Mamdani melalui tahapan fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi untuk menentukan tingkat risiko stunting di setiap wilayah. Berdasarkan hasil analisis tersebut, penulis merancang sistem menggunakan berbagai diagram (use case, sequence, class) dan antarmuka pengguna. Sistem kemudian diimplementasikan dalam bentuk web untuk menampilkan hasil pemetaan stunting di Kabupaten Ende. Terakhir, dilakukan pengujian dan validasi sistem guna memastikan akurasi hasil analisis, fungsi, dan tampilan sesuai kebutuhan.

2. Penentuan data alternatif

Penentuan alternatif yang digunakan dalam studi kasus ini adalah data anak stunting di salah satu kecamatan yang ada di kabupaten ende.

Table 1. Data Alternatif

no	kecamatan	desa	nama	usia	Tinggi badan (cm)	Berat badan (kg)
1	Ende timur	mautapaga	celo	3	80	8
2			mario	4	80	10
3			celsi	5	40	7

Pembentukan himpunan *fuzzy* meliputi penentuan variabel *fuzzy* yang akan digunakan dalam sistem *fuzzy*, yaitu *Usia*, *Tinggi Badan*, dan *Berat Badan Menurut Usia*.

a. Variabel usia

Tabel 2. Variabel Usia.

Himpunan <i>Fuzzy</i>	Range nilai Usia (tahun)	Fungsi keanggotaan
Rendah	0-2	$\frac{2-x}{2-0}$
Sedang	2-4	$\frac{x-2}{4-2}$ dan $\frac{4-x}{4-2}$
Tinggi	>4	$\frac{x-4}{5-4}$

b. Variabel tinggi badan

Tabel 3. Variabel Tinggi Badan.

Himpunan <i>Fuzzy</i>	Range nilai Tinggi Badan (cm)	Fungsi keanggotaan
Rendah	65-75	$\frac{75 - x}{75 - 65}$
normal	75-85	$\frac{x - 75}{85 - 75}$ dan $\frac{85 - x}{85 - 75}$
Tinggi	>85	$\frac{x - 85}{86 - 85}$

c. Variabel berat badan menurut usia

Tabel 4. Berat Badan Menurut Usia

Himpunan <i>Fuzzy</i>	Range nilai Berat Badan (kg)	Fungsi keanggotaan
Sangat kurang	5-7	$\frac{7 - x}{7 - 5}$
Kurang	7-9	$\frac{x - 7}{9 - 7}$ dan $\frac{9 - x}{9 - 7}$
Normal	>9	$\frac{x - 9}{10 - 9}$

3. Fuzzyfikasi

Pada tahap ini berdasarkan Variabel yang telah ditentukan pada table 1,2,dan 3, meliputi perhitungan derajat keanggotaan tiap variabel (usia, tinggi badan, dan berat badan) berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditetapkan. Hasil fuzzyfikasi kemudian dikelompokkan sesuai himpunan *fuzzy* untuk diolah melalui sistem inferensi Mamdani, guna menentukan tingkat risiko stunting yang terpetakan

1. Menentukan input dari setiap variabel

Nama = celo
Usia = 3 tahun
Tinggi badan = 80 cm
Berat badan menurut usia = 8kg

Variabel usia:

Rendah :

$$\mu_{\text{Rendah}} = \frac{2-3}{2-0} = \frac{-1}{2} = 0 \text{ (tidak terhitung, jadi 0)}$$

Sedang :

$$\mu_{\text{Sedang}} = \frac{3-2}{4-2} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Tinggi :

$$\mu_{\text{Tinggi}} = \frac{3-4}{5-4} = \frac{-1}{1} = 0 \text{(tidak terhitung, jadi 0)}$$

Hasil :

Rendah = 0

Sedang = 0,5

Tinggi = 0

Variabel tinggi badan:

Rendah :

$$\mu_{\text{Rendah}} = \frac{75-80}{75-65} = \frac{-5}{10} = 0 \text{(tidak terhitung, jadi 0)}$$

Normal :

$$\mu_{\text{Normal}} = \frac{80-75}{85-75} = \frac{5}{10} = 0,5$$

Tinggi :

$$\mu_{\text{Tinggi}} = \frac{80-85}{86-85} = \frac{-5}{1} = 0 \text{(tidak terhitung, jadi 0)}$$

Hasil :

Rendah = 0

Normal = 0,5

Tinggi = 0

Variabel berat badan :

Sangat kurang :

$$\mu_{\text{Sangat Kurang}} = \frac{7-8}{7-5} = \frac{-1}{2} = 0 \text{(tidak terhitung, jadi 0)}$$

Kurang :

$$\mu_{\text{Kurang}} = \frac{8-7}{9-7} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Normal :

$$\mu_{\text{Rendah}} = \frac{8-9}{10-9} = \frac{-1}{1} = 0 \text{(tidak terhitung, jadi 0)}$$

Hasil :

Sangat Kurang = 0

Kurang = 0,5

Normal = 0

4. Aturan fuzzy

Pada tahap ini hasil fuzzyfikasi selanjutnya akan dirumuskan aturan *fuzzy* untuk menentukan stunting, berikut adalah aturan yang digunakan

1. Jika Usia *Rendah* dan Tinggi Badan *Rendah* dan Berat Badan *Sangat Kurang* maka *Stunting Tinggi*.
2. Jika Usia *Sedang* dan Tinggi Badan *Normal* dan Berat Badan *Kurang* maka *Tinggi*.
3. Jika Usia *Tinggi* dan Tinggi Badan *Tinggi* dan Berat Badan *Normal* maka *Normal*.

5. Agregasi hasil aturan

Dalam agregasi hasil aturan penulis menggunakan metode maximum untuk mendapatkan nilai agregasi dari derajat keanggotaan.

1. Celo

Aturan 1 :

Usia : Rendah (0,5)
Tinggi Badan : Rendah (0)
Berat Badan : Sangat Kurang(0)
Agregasi : $\min(0.5, 0, 0) = 0$

Aturan 2 :

Usia : Sedang (0,5)
Tinggi Badan : Normal (0,5)
Berat Badan : Kurang(0,5)
Agregasi : $\min(0.5, 0.5, 0.5) = 0,5$

Aturan 3 :

Usia : Tinggi (0)
Tinggi Badan : Tinggi (0)
Berat Badan : Normal (0)
Agregasi : $\min(0, 0, 0) = (0)$

6. defuzzyfikasi

Pada tahap defuzzyfikasi ini menggunakan metode *centroid* untuk menghitung nilai *crisp* dari hasil agregasi

1. Celo

Agregasi dari aturan 1 : 0
Agregasi dari aturan 2 : 0,5
Agregasi dari aturan 3 : 0

Nilai *crisp*

Stunting tinggi = 0
Stunting sedang = 1
Stunting normal = 2

$$crisp\ value = \frac{(0 \times 0) + (1 \times 0,5) + (2 \times 0)}{0 + 0,5 + 0} = \frac{0,5}{0,5} = 1$$

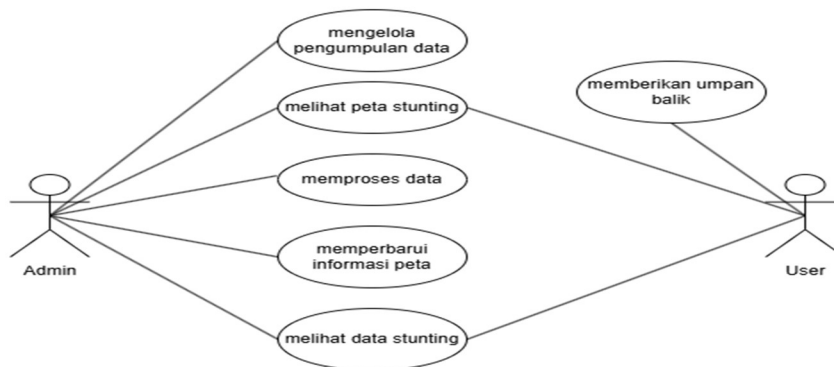
Setelah defuzzyfikasi didapatkan, jika hasilnya 1 maka anak tersebut dinyatakan dalam kategori stunting sedang.

Dari perhitungan berdasarkan metode *fuzzy* mamdani mendapatkan hasil

Tabel 5. Hasil Perhitungan

no	kecamatan	desa	nama	usia	Tinggi badan (cm)	Berat badan (kg)	status
1	Ende timur	mautapaga	celo	3	80	8	Stunting sedang
2			mario	4	80	10	Stunting Tinggi
3			celsi	5	40	7	Stunting Tinggi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN



1. Hasil implementasi sistem

Gambar 2. Use case diagram

Berikut ini merupakan deskripsi dari aktor *use case* diagram diatas:

b. Admin

Admin harus login terlebih dahulu untuk mengelola pengumpulan data, memproses data dan memperbarui informasi peta.

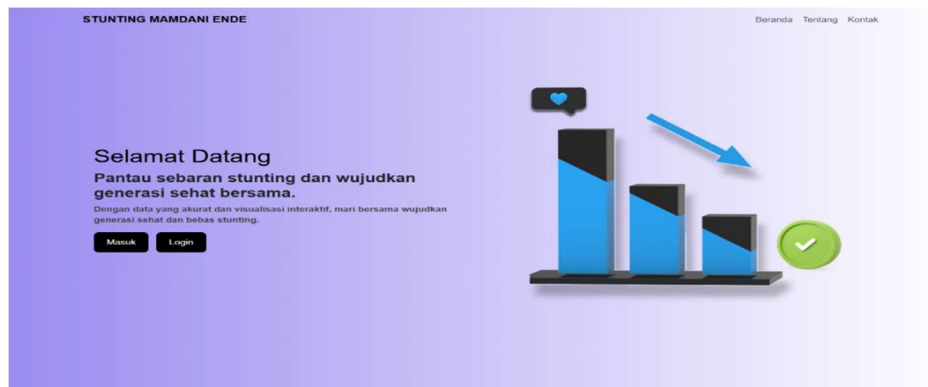
c. User

Tanpa melakukan login, *user* sudah bisa mengakses atau melihat peta stunting, melihat data stunting dan memberikan umpan balik.

2. Halaman Utama

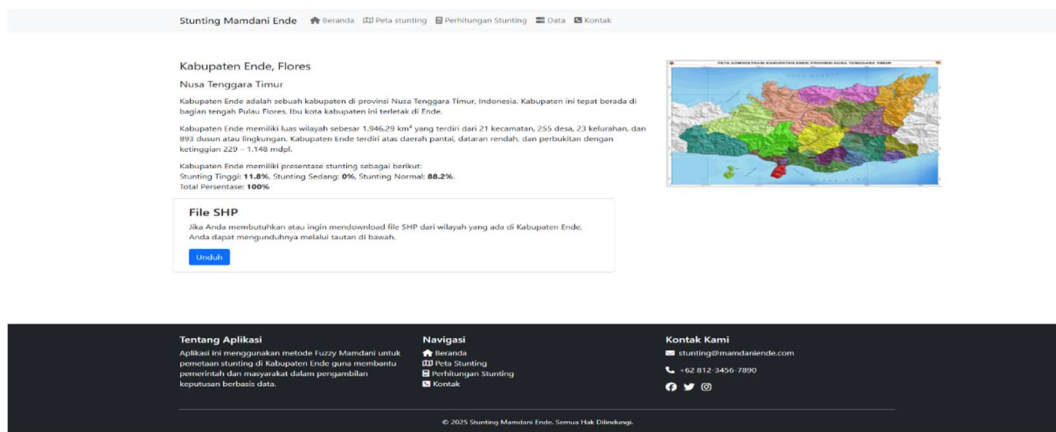
Halaman beranda merupakan halaman utama sebuah website yang pertama kali diakses oleh pengguna.

STRATEGI PEMASARAN YANG DILAKUKAN DI PLAZA TUNJUNGAN III SURABAYA DALAM MEMASARKAN SEMUA PRODUKNYA



Gambar 3. Halaman Dashboard

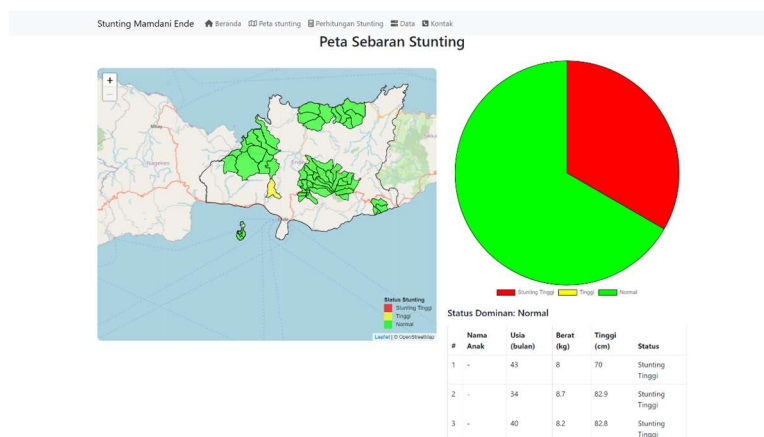
- Halaman dashboard . Halaman ini berfungsi sebagai pusat kontrol bagi pengguna, memungkinkan user untuk mengakses berbagai fitur yang sesuai dengan hak akses user.



Gambar 28. Halaman *Dashboard User*

- Halaman Peta Stunting *User*

Halaman Peta Stunting *User* merupakan halaman akses untuk user yang menyediakan peta persebaran stunting dan presentase stunting dari wilayah yang ada di kabupaten ende dan beberapa data spesifik yang mendukung



Gambar 29. Halaman Peta Stunting *User*

5. Pengujian sistem

Setelah melalui tahapan implementasi sistem, maka sistem tersebut masuk ke tahap pengujian. Pada penelitian ini menggunakan confusion matrix.

Table 7. Matriks konfusi

	Prediksi Positif	Prediksi Negatif
Aktual Positif	322	0
Aktual Negatif	0	0

Selanjutnya kita akan menghitung akurasi, presisi, recall dan F1-Score sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)} \\
 &= \frac{322+0}{322+0+0+0} \\
 &= \frac{322}{322} \\
 &= 1,00 \text{ atau } 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Presisi} &= \frac{TP}{(TP+FP)} \\
 &= \frac{322}{(322+0)} \\
 &= \frac{322}{322} \\
 &= 1,00 \text{ atau } 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Recall} &= \frac{TP}{(TP+FN)} \\
 &= \frac{322}{(322+0)} \\
 &= \frac{322}{322} \\
 &= 1.00 \text{ atau } 100\%
 \end{aligned}$$

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode Fuzzy Mamdani dalam pemetaan stunting di Kabupaten Ende. Dengan memanfaatkan data sekunder mengenai usia, tinggi badan, dan berat badan anak, sistem yang dirancang mampu mengelompokkan tingkat risiko stunting menjadi tiga kategori: normal, sedang, dan tinggi. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam menyederhanakan data kompleks menjadi informasi yang mudah dipahami oleh pengguna dan pengambil kebijakan. Sistem ini juga menunjukkan akurasi tinggi berdasarkan pengujian dengan confusion matrix dengan hasil akurasi 100%, presisi 100% dan recall 100%, menjadikannya alat bantu yang relevan untuk mendukung intervensi berbasis data dalam mengatasi permasalahan stunting.

DAFTAR REFERENSI

- Yuana, N., Larasati, T., & Berawi, K. N. (2021). Analisis Multilevel Faktor Resiko Stunting di Indonesia: Sebuah Tinjauan Literatur. *Jurnal Aisyah : Jurnal Ilmu Kesehatan*, 6(2), 213–217. <https://doi.org/10.30604/jika.v6i2.510>
- Sari, D., Stunting, P., Anak, P., Dini, U., Dampaknya, S., Pendidikan, P. F., Ekonomi, D., Ningsih, A. D., Azzahra,), Stai,), Abdul, S. H., Hasan, H., Binjai, A.-I., & Kunci, K. (2023). Pencegahan Stunting pada Anak Usia Dini Serta Dampaknya pada Faktor Pendidikan dan Ekonomi. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Nusantara (JPKMN)*, 4(3), 2679–2678. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v4i3.1591>
- Rambe, N. L. (2020). Majalah Kesehatan Indonesia. *Jurnal Ilmiah Kebidanan Imelda*, 1(2), 45–49. <https://doi.org/10.52943/ji-somba.v4i1.1786>
- Simbolon, D., Batbual, B., & Ratu Ludji, I. D. (2022). Pembinaan Perilaku Remaja Putri Dalam Perencanaan Keluarga Dan Pencegahan Anemia Melalui Pemberdayaan Peer Group Sebagai Upaya Pencegahan Stunting. *Media Karya Kesehatan*, 5(2), 162–175. <https://doi.org/10.24198/mkk.v5i2.36716>
- Sihombing, F. A. (2024). Kajian *Fuzzy* Metode Mamdani dan *Fuzzy* Metode Sugeno serta Implementasinya. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 4940–4955. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i4.13108>
- Ananda, P. R., & Sriani, S. (2024). Sistem Pakar Diagnosis Stunting pada Balita Menggunakan Metode Forward Chaining dan Logika *Fuzzy* Sugeno. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi Dan Aplikasi*, 7(1), 200–216. [internet] [diakses 20 Agustus 2024]. <https://doi.org/10.32493/jtsi.v7i1.38245>